

Treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada altera positivamente o perfil metabólico e substratos teciduais em ratos alimentados com dieta hiperlipídica

Light to moderate intensity aerobic training positively change the metabolic profile and tissue substrates in rats fed with high fat diet

RAVAGNANI FCP, RAVAGNANI CFC, VOLTARELLI FA, OLIVEIRA M, STOPPIGLIA LF, INOUE CM. Treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada altera positivamente o perfil metabólico e substratos teciduais em ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **R. bras. Ci. e Mov** 2013;21(1):66-74.

RESUMO: O presente estudo verificou os efeitos do treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada sobre o perfil metabólico e substratos teciduais de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. Dezenove ratos Wistar machos foram alimentados com dieta chocolate durante 2 meses após o desmame e separados em 2 grupos: Exercício Chocolate (EC) (n=9) e Sedentário Chocolate (SC) (n=10). O treinamento consistiu de natação (8 semanas, 5 dias/semana, 1h/dia, sobrecarga equivalente a 2% do peso corporal). Ao final do experimento, os ratos foram eutanasiados para a determinação das concentrações séricas de glicose, AGL, triglicerídeos, colesterol total, HDL e LDL; nos tecidos muscular e hepático foram mensurados os conteúdos de glicogênio e triglicerídeos. O treinamento reduziu os triglicerídeos séricos e hepáticos bem como o ganho de peso corporal; ainda, aumentou o conteúdo de triglicerídeos musculares. Concluímos que o treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada alterou positivamente o perfil metabólico e os substratos teciduais dos ratos alimentados com dieta hiperlipídica.

Palavras-chave: Treinamento Aeróbio; Rato; Dieta Hiperlipídica.

ABSTRACT: The present study verified the effects of aerobic training of moderate intensity on metabolic profile and tissue substrates of rats fed high fat diet. Nineteen male Wistar rats were fed chocolate diet during 2 months after weaning and separated into two groups: Exercise Chocolate (EC) (n=9) and Sedentary Chocolate (SC) (n=10). Exercise training consisted of swimming (8 weeks, 5days/week, 1hour/day, overload equivalent to 2% of body weight). At the end of the experiment, the animals were euthanized in order to determine the serum glucose, FFA, triglycerides, total cholesterol, HDL, and LDL; triglycerides and glycogen contents were measured in muscle and hepatic tissues. Training decreased triglycerides in serum and liver as well as the body weight gain; in addition, increased muscle triglycerides content. We concluded that light to moderate intensity aerobic training change positively the metabolic profile and tissue substrates in rats fed high-fat diet.

Key Words: Aerobic Training; Rat; High fat Diet.

Fabricio C. de P. Ravagnani¹
Christianne de F. C. Ravagnani²
Fabricio A. Voltarelli²
Mariana de Oliveira³
Luiz F. Stoppiglia²
Celso M. Inoue⁴

¹Instituto Federal de Mato Grosso

²Universidade Federal de Mato Grosso

³Instituto Federal de Mato Grosso do Sul

⁴Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Enviado em: 09/08/2012

Aceito em: 17/01/2013

Contato: Fabricio Cesar de Paula Ravagnani - fabricioravagnani@hotmail.com

Introdução

As dietas hipercalóricas são consumidas por grande parte da população, devido, principalmente, à sua alta disponibilidade e fácil acesso. Por essa razão, o consumo desse tipo de dieta tem relação intrínseca com a obesidade e com as condições patológicas a ela associadas, tais como resistência à insulina, diabetes *mellitus* tipo II, dislipidemia, complicações cardiovasculares, câncer, entre outras¹⁻³.

Somado à dieta hipercalórica, há o problema contemporâneo relacionado ao excesso de lipídios na alimentação, sendo este promotor de condições degenerativas à saúde, como por exemplo, maior liberação de citocinas pró-inflamatórias, prejuízo à resposta tecidual à insulina devido à grande disponibilidade de ácidos graxos, entre outros³. Além disso, o consumo de dieta hiperlipídica contribui para uma maior oxidação de gorduras, fato que limita o uso de carboidratos como substrato energético no trabalho celular⁴ bem como prejudica a ressíntese de glicogênio muscular após o treinamento físico⁵.

As consequências supracitadas, advindas de dietas hipercalóricas/hiperlipídicas, podem ser revertidas com a prática regular de exercícios físicos, os quais promovem benefícios importantes, como por exemplo, redução da adiposidade corporal (principalmente a central), diminuição da pressão arterial, melhoras do perfil lipídico e da sensibilidade à insulina e aumentos do gasto energético, da capacidade cardiorrespiratória e da massa e força musculares².

Sabe-se que exercícios realizados em intensidades limiares são eficientes no sentido de promover tais benefícios e que o mesmo é

indispensável no que se refere à prevenção e tratamento das doenças metabólicas. Botezelli⁶ observaram que ratos exercitados na intensidade equivalente a 5% do peso corporal melhoraram o sistema de defesa antioxidante bem como apresentaram menor conteúdo de triglicerídeos nos tecidos de gordura e hepático.

Por outro lado, são escassos na literatura estudos os quais verificaram os efeitos isolados na persistência das dietas hipercalórica e hiperlipídica como quando o mesmo é realizado em intensidade leve à moderada. Sob essa condição, somente um estudo realizado com ratos, o qual foi conduzido pelo nosso grupo de pesquisa⁷, foi encontrado; o mesmo verificou que os depósitos adiposos omental (visceral) e inguinal de ratos alimentados com dieta chocolate e submetidos ao treinamento físico nessa intensidade (2% do peso corporal) foram menores nesses animais.

Dessa forma, nosso trabalho teve como intuito verificar os efeitos do treinamento aeróbio em intensidade leve à moderada sobre o perfil metabólico e substratos teciduais de ratos alimentados com dieta hiperlipídica.

Materiais e Métodos

Animais

Foram utilizados ratos machos da linhagem Wistar (30 dias de idade no início do experimento), obtidos por meio das facilidades do Biotério da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Campo Grande. Os animais foram alocados em gaiolas coletivas (5 animais por gaiola) de polietileno (37,0 x 31,0 x 16,0cm) e foram mantidos em sala com temperatura (22±1°C) e umidade (45% a 55%) controladas com ciclo claro/escuro de 12h (07:00hs às 19:00hs). Todos os procedimentos adotados seguiram as

Resoluções Brasileiras específicas em relação à bioética em experimento com animais (Lei no. 6.638, de 8 de maio de 1979 e Decreto no. 26.645 de 10 de julho de 1934). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil (protocolo nº 183/2008).

Dieta

Todos os animais foram alimentados com dieta à base de chocolate⁷ composta por: 25,0% de amendoim torrado, 25,0% de chocolate, 12,5% de farelo de milho, 18,0% de proteína [caseína em pó], 4,5% de celulose, 5,0% de vitaminas e minerais e 10,0% de fibras, totalizando, dessa forma, 22,0% de lipídios. Os ingredientes citados foram moídos, homogeneizados e peletizados. A composição da dieta Chocolate, bem como seu valor calórico total, encontra-se descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal da dieta Chocolate/hiperlipídica elaboradas para os animais expressa na base úmida, em g/100g

Constituintes	Dieta Chocolate
Umidade	5,13
Resíduo mineral fixo	1,96
Lipídios	21,58
Proteínas (N x 6,25)	16,87
Carboidratos	39,29
Fibras	14,45
Valor calórico total (kcal/100g)	417,43

O protocolo de oferta da dieta ocorreu durante dois meses ininterruptos e não houve realização do exercício físico. Todos os animais foram pesados e tiveram a ingestão alimentar registrada uma vez por semana durante todo o experimento. A ingestão alimentar foi definida como a diferença entre a quantidade de ração

ofertada e as sobras, divididos pelo número de animais por gaiola.

Após o final do período de oferta da dieta, os animais foram separados em dois grupos, de forma aleatória, de acordo com a realização ou não do treinamento físico:

- Exercício Chocolate (EC) (n=9): animais alimentados com dieta à base de chocolate e treinados por natação durante oito semanas;
- Sedentário Chocolate (SC) (n=10): animais alimentados com dieta à base de chocolate e mantidos sedentários por um período de oito semanas.

Adaptação ao meio líquido

A adaptação consistiu em manter os animais em contato com água rasa à temperatura (termômetro marca Initial®) de $31\pm1^{\circ}\text{C}$, durante uma semana, 5 dias por semana, durante 30 minutos. Na segunda semana os ratos foram submetidos ao mesmo protocolo, porém em águas profundas e sem suportarem sobrecarga, a fim de estabelecer a mecânica correta para o padrão de nado de cada animal⁸. O propósito da adaptação foi reduzir o estresse dos animais frente ao exercício físico realizado na água⁹.

Treinamento físico

Após o período de adaptação e ao completarem 90 dias de idade, os animais do grupo EC foram submetidos, por 8 semanas, a exercício de natação em tanques coletivos (100cmx80cmx80cm) contendo água a $31\pm1^{\circ}\text{C}$, 5 dias por semanas, 1 hora por dia, suportando sobrecarga equivalente a 2% do peso corporal⁷. Os animais eram pesados a cada início de

semana para a adequação das sobrecargas de treinamento. Os ratos realizaram o treinamento em canos cilíndricos de polietileno (PVC) para que não tivessem contato entre si, facilitando, dessa forma, a mecânica correta da natação. As sessões de treinamento tinham início às 14:00 h.

A intensidade de 2% do peso corporal, utilizada no presente estudo, pode ser considerada de leve à moderada ou sublimiar, uma vez que já está bem estabelecido que a carga equivalente à transição metabólica aeróbia/anaeróbio (limiar anaeróbio) é obtida, em média, em 5% do peso corporal a partir da aplicação de diferentes testes adaptados às condições do rato durante o exercício de natação¹⁰⁻¹³. No que se refere à utilização da sobrecarga equivalente a 2% do peso corporal dos animais, nos baseamos no estudo realizado por Ravagnani⁷, o qual também utilizou ratos alimentados com dieta hiperlipídica a fim de induzir a obesidade.

Avaliações

Transcorridas as oito semanas de treinamento físico e as 48 horas após a realização da última sessão de exercício, os animais foram eutanasiados por inalação de CO₂ seguida de decapitação, com jejum prévio de 12 horas, para as coletas de sangue, feitas por meio da exsanguinação, derivada da decapitação, e dos tecidos alvos (músculo gastrocnêmio e fígado). Na porção sérica do sangue foram avaliados os níveis de glicose, ácidos graxos livres (AGL), triglicerídeos, colesterol total e HDL e LDL colesteróis. Em amostras do músculo gastrocnêmio (~250mg) e do tecido hepático (~250mg) foram determinados os conteúdos de triglicérides e de glicogênio.

A excisão dos diferentes tecidos (fígado e músculo) foi realizada de acordo com a descrição de Cinti¹⁴. Glicose, AGL, colesterol total, HDL, HDL e triglicerídeos séricos foram analisados por kit comercial (Laborlab®, São Paulo, Brasil) (GOBATTO *et al.*, 2008). Os conteúdos de glicogênio bem como de triglicérides teciduais foram mensurados pelo método do fenol e ácido sulfúrico¹⁵.

Análise estatística

Os dados foram analisados mediante o pacote estatístico BioEstat® 5.0 (Brasil) e expressos em média $\pm$ desvio padrão. Para verificar a normalidade, foi utilizado o teste kolmogorov-Smirnov. O teste de Mann-Whitney foi utilizado para verificar a diferença entre as médias. O nível de significância foi pré-estabelecido em 5%.

Resultados

Os valores de ingestão alimentar foram semelhantes nos dois grupos (EC: 14,92 $\pm$ 3,29 vs SC: 14,41 $\pm$ 2,40 g), o que descarta, assim, a influência desta variável nos resultados obtidos.

Verifica-se, na Tabela 2, que a ingestão energética dos animais dos grupos exercitados não mostrou diferença quando comparados os grupos SC e EC.

Tabela 2. Ingestão energética (kcal/dia) dos grupos Sedentário Chocolate (SC) e Exercício Chocolate e Sedentário Chocolate (SC)

Ingestão energética (kcal/dia)	
Grupos	Média $\pm$ DP
SC	60,2 $\pm$ 10,0
EC	62,3 $\pm$ 17,3

Os valores obtidos por meio da análise sanguínea, expressos na Tabela 2, revelam que não

houve diferenças entre os grupos no que se refere à glicose sérica, colesterol total, HDL colesterol, LDL colesterol e ácidos graxos livres ao final do experimento. Os níveis de triglicerídeos séricos dos animais foram significativamente menores após a realização do treinamento físico.

Não houve diferença entre os grupos quanto aos conteúdos de glicogênio hepático e muscular; por outro lado, o exercício promoveu aumento no conteúdo de triglicerídeos no

músculo gastrocnêmio e redução desse substrato no fígado, além de ter reduzido os efeitos da dieta hiperlipídica sobre o ganho de peso corporal (Tabela 2).

O protocolo de exercício empregado não provocou alteração significativa nas concentrações séricas de glicose, colesterol total, HDL e LDL colesterol e AGL quando comparados os grupos (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis bioquímicas e substratos teciduais dos grupos Exercício Chocolate (EC) e sedentário e chocolate (SC), em média $\pm$ desvio padrão

Variáveis	Grupos	
	SC	EC
Glicose sérica (mg.dL ⁻¹)	81,7 $\pm$ 20,5	90,4 $\pm$ 13,2
Colesterol total (mg.dL ⁻¹)	71,5 $\pm$ 13,2	69,0 $\pm$ 5,5
HDL colesterol (mg.dL ⁻¹)	20,9 $\pm$ 3,7	21,0 $\pm$ 1,87
LDL colesterol (mg.dL ⁻¹)	32,2 $\pm$ 11,3	35,0 $\pm$ 5,5
AGL (mg.dL ⁻¹)	0,68 $\pm$ 0,19	0,55 $\pm$ 0,14
Glicogênio hepático (mg ⁻¹)	0,22 $\pm$ 0,06	0,23 $\pm$ 0,07
Glicogênio muscular (mg ⁻¹)	0,04 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,06
Triglicerídeo sérico (mg.dL ⁻¹)	92,1 $\pm$ 23,4	64,8 $\pm$ 12,1*
Triglicérideo hepático (mg ⁻¹)	1,8 $\pm$ 0,7	0,86 $\pm$ 0,43*
Triglicérideo muscular (mg ⁻¹)	16,0 $\pm$ 8,6	26,7 $\pm$ 11,10*
Ganho de peso corporal (g)	54,9 $\pm$ 19,7	22,3 $\pm$ 18,3*

* $p < 0,05$ em relação ao grupo Sedentário Chocolate. HDL (lipoproteína de alta densidade); LDL (lipoproteína de baixa densidade); AGL (ácido graxo livre)

Discussão

Os resultados do presente estudo denotaram que as concentrações séricas e conteúdo hepático de triglicérides foram menores no grupo treinado. Ainda, os animais pertencentes a esse mesmo grupo apresentaram maior conteúdo de triglicérides muscular bem como menor ganho de peso corporal durante o experimento. É importante destacar, também, que as ingestões alimentar e calórica foram semelhantes nos grupos; dessa forma, não houve interferência desses parâmetros nos resultados encontrados.

Nossos resultados corroboram os obtidos por^{16,5,17} que, após submeterem ratos

alimentados com dieta hiperlipídica a 5, 6 e 8 semanas de treinamento aeróbio moderado (natação a 5% do peso corporal), respectivamente, observaram menor ganho de peso corporal para o grupo exercitado em relação ao sedentário, demonstrando que o treinamento físico atenuou os efeitos da dieta hiperlipídica no sentido de promover o ganho de peso corporal e, conseqüentemente, a instalação da obesidade.

A ausência de alteração nos valores séricos de glicemia, colesterol total e frações, como observado por nós, foi também observada nos estudos de^{18,16}. O fator discrepante em

relação ao nosso trabalho é que os referidos autores submeteram os animais ao treinamento de natação na intensidade de 5% do peso corporal, enquanto que os nossos animais treinaram na intensidade correspondente a 2% do peso corporal.

Sabe-se que cargas de exercício sublimiares ocasionam maior oxidação de lipídios em relação aos carboidratos e que as lipoproteínas ricas em triglicerídeos, sob essa condição, fornecem substratos para a realização da contração muscular¹⁹. Tal fato explica, pelo menos em parte, a redução nos níveis de triglicerídeos séricos observada no grupo treinado do nosso estudo.

Por outro lado, um estudo efetuado por⁵, denotou ausência de alterações séricas de triglicerídeos em repouso, ao passo que alterações na oxidação tanto de ácidos graxos livres como de triglicerídeos foram observadas somente no período de recuperação. Esses autores sugerem que ocorre aumento da lipólise seguido de oxidação destes substratos lipídicos especificamente neste período. Acreditamos que, em longo prazo, este comportamento reflita-se, também, nos valores em repouso, como ocorreu em nosso estudo.

São escassos na literatura trabalhos os quais verificaram o efeito do treinamento em intensidade leve à moderada sobre o perfil metabólico de ratos alimentados com dieta hiperlipídica a base de chocolate.

O conteúdo de triglicerídeos hepáticos verificado no grupo EC foi menor em relação ao grupo SC. Muller²⁰, os quais avaliaram o efeito crônico da administração de dieta hiperlipídica associada ao exercício físico voluntário em camundongos (roda de atividade), observaram que os animais que mais se exercitaram

apresentaram menores valores de triglicerídeos no fígado.

Os fatos de os animais pertencentes ao grupo treinado terem mostrado menor conteúdo de triglicerídeo hepático diminui, hipoteticamente, a possibilidade de instalação da esteatose hepática, a qual é intimamente associada à resistência insulínica^{6,21}. Ainda, o grupo EC apresentou níveis séricos de triglicerídeos significativamente menores em relação ao grupo SC, o que, possivelmente, pode reduzir os riscos de complicações cardiovasculares; no entanto, esse fato isolado não pode ser critério absoluto para se afirmar, com certeza, que isso pode ter ocorrido.

Os benefícios supracitados sugerem, ao menos em parte, que o treinamento de longa duração em intensidade leve à moderada promovem alterações positivas relacionadas à saúde.

O consumo de dietas hiperlipídicas, na maioria dos casos, resulta em altas concentrações de ácidos graxos livres circulantes bem como elevada captação dos mesmos pelos músculos, além de um conseqüentemente aumento nos estoques intramusculares de triglicerídeos^{6,21}.

Em nosso estudo, o conteúdo de triglicerídeos no músculo gastrocnêmio foi maior no grupo EC. Sabe-se que a oferta de dieta hiperlipídica influencia a concentração muscular bem como sobre a oxidação de lipídios nesse tecido⁵. Esse resultado parece ser uma adaptação à dieta e ao treinamento de natação em intensidade leve à moderada, ou seja, em situações de exercício onde o coeficiente respiratório denota predominância do uso de lipídios como fonte energética, sugere-se que o aumento desse tipo de reserva

intramuscular seja de extrema importância do ponto de vista metabólico^{6,21-22}.

A maior oferta de lipídios visa sua oxidação pelo tecido muscular e esta ocorre como forma de adaptação ao exercício aeróbico, o que contribui para a melhora do desempenho²³⁻²⁴. Zderic²¹ demonstraram, em ciclistas, que dietas hiperlipídicas influenciam positivamente o conteúdo muscular de triglicerídeos e a oxidação de gorduras, sem necessariamente alterar tanto a lipólise como a lipogênese do depósito de gordura subcutânea.

Ressalta-se que a oxidação lipídica pode apresentar-se alta sem serem observadas, necessariamente, mudanças nas concentrações de ácidos graxos livres, procedentes do tecido adiposo, na corrente sanguínea. Os triglicerídeos intramusculares parecem ser os substratos responsáveis pelas elevações tanto da lipólise como da oxidação de ácidos graxos livres após o consumo dietas hiperlipídicas em curto prazo²¹. Talvez isso explique a ausência de alteração nos valores de ácidos graxos livres séricos no presente estudo.

Outra fonte de triglicerídeos que talvez possa contribuir para a maior oxidação de ácidos graxos livres e, também, para a ocorrência de lipólise após ingestão de dieta hiperlipídica associada à prática de exercício físico seriam as lipoproteínas ricas em triglicerídeos (VLDL), conforme discutido anteriormente. Contudo, como fator limitante, parâmetros diretos para avaliar a lipólise não foram determinados no presente estudo. Outro fato determinante pode ser a redução na concentração muscular de glicogênio, a qual aumentaria a oxidação de gorduras e, portanto, interferiria nos valores séricos de ácidos graxos livres^{19,21}.

No presente estudo, apenas diferenças nos valores de triglicérides séricos (EC < SC), hepático (EC < SC) e muscular (EC > SC) foram encontradas, enquanto que os valores de glicose sérica, glicogênio hepático e muscular não sofreram alteração.

Em um estudo realizado com ratos alimentados com dieta normocalórica ou hiperlipídica a base de

chocolate e submetidos ao treinamento aeróbico de natação, foram observados menores conteúdos de glicogênio hepático e muscular dos animais alimentados com dieta rica em lipídios em relação aos alimentados com dieta normocalórica⁵. Assim como no presente estudo, o treinamento não alterou o conteúdo de glicogênio tanto no fígado como no músculo após administração crônica de dieta hiperlipídica. Foi sugerido, nesse sentido, que os efeitos benéficos do treinamento físico com o intuito de promover uma rápida recuperação dos carboidratos são prejudicados pela dieta hiperlipídica, ou seja, estes resultados talvez evidenciem o desenvolvimento de um mecanismo de defesa do animal, ao passo que este armazenaria energia primeiramente na forma de lipídios para ser utilizado em futuras sessões de exercício.

Nossos resultados sugerem que o treinamento físico realizado em intensidade leve à moderada, ou seja, aquela que pode ser classificada como sublimiar, promove ajustes fisiológicos no metabolismo de lipídios mesmo na persistência da dieta hipercalórica/hiperlipídica, demonstrando que seus efeitos benéficos à saúde parecem ser independentes de modificações dietéticas⁷.

No entanto, a falta de um grupo controle com dieta normocalórica pode ser considerada a maior limitação de nosso estudo no sentido de comprovar o quanto a alimentação equilibrada às demandas energéticas potencializaria os ganhos fisiológicos provocados pelo exercício. Dessa forma, estudos futuros com o intuito de melhor esclarecer os pontos discutidos no presente estudo devem ser desenvolvidos; os mesmos devem conter grupos controles alimentados com ração padrão e determinações de variáveis bioquímicas e moleculares, tais como atividade de enzimas lipolíticas, expressão de transportadores de glicose (i.e., GLUT-4), entre outras.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos, concluímos que o treinamento aeróbico em intensidade leve à moderada

alterou positivamente o perfil metabólico e os substratos teciduais dos ratos alimentados com dieta hiperlipídica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao 1) Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da UFMS; 2) à Fundação de Apoio e Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (processo número 23/200.200/2008) e 3) à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (processo número 23108.009511/09-1).

Referências

1. Grundy SM. Obesity, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Disease. **J Clin Endocrinol Metab** 2004; 89(6): 2595–2600.
2. Sociedade Brasileira de Hipertensão. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica. **Arq Bras Cardiol** 2005; 84(1):3-28.
3. Van GAAL LF, Mertens IL, Block CE. Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease. **Nature** 2006; 444(14):875-880.
4. Helge JW, Watt PW, Richter EA, Rennie MJ, Kiens B. Fat utilization during exercise: adaptation to a fat-rich diet increases utilization of plasma fatty acids and very low density lipoprotein-triacylglycerol in humans. **J Physiol** 2001; 537(3): 1009-1020.
5. Ernandes D, Manzoni MSJ, Souza CP, Tenório N, Dâmaso AR. Efeitos da dieta hiperlipídica e do treinamento de natação sobre o metabolismo de recuperação ao exercício em ratos. **Rev Bras Educ Fís Esp** 2004; 18(2):191-200.
6. Botezelli JD, et al. Different exercise protocols improve metabolic syndrome markers, tissue triglycerides content and antioxidant status in rats. **Diabetol Metab Syndr** 2011; 3(35): 1-8.
7. Ravagnani FCP, et al. Effects of high fat diets with baru extract and chocolate on adipocyte area of rats subjected to physical exercise. **Rev Bras Med Esporte** 2012; 18(3): 190-194
8. Voltarelli F A, Gobatto C A, Mello M A R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res** 2002; 35:1389-1394.
9. Gobatto CA, Mello MAR, Sibuya CY, Azevedo JRM, Santos LA, Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comp Biochem Physiol** 2001; 13021-13027.
10. Manchado FB, Gobatto CA, Voltarelli FA, Mello MAR. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Appl Physiol, Nutr Metab** 2006; 31:731-736.
11. Gobatto CA, Manchado FB, Voltarelli FA, Contarteze RVL, Mello MAR. Non-invasive critical load determination in swimming rats: effects of muscle glycogen depletion. **Med Sci Sports Exerc** 2005; 37(5):S331.
12. Contarteze RVL, Manchado FB, Gobatto CA, Mello MAR. Biomarcadores de estresse em ratos exercitados por natação em intensidades igual e superior à máxima fase estável de lactato. **Rev Bras Med Esporte** 2007; 13(3): 169-174.
13. Gobatto CA, et al. Avaliações fisiológicas adaptadas a roedores: aplicações ao treinamento em diferentes modelos experimentais. **Rev Mackenzie Educ Fís Esporte** 2008; 7(1): 137-147.
14. Cinti S. **The adipose organ. Prostaglandins, Leukotriene and Essential Fatty Acids**. 2005. Monograph (University of Ancona), Italy, European Union, 2005.
15. Nogueira DM, Strufaldi B, Hirata MH, Abdalla DSP, Hirata RDC. **Métodos de Bioquímica Clínica Técnica e Interpretação**. Pancast; São Paulo, 1990.
16. Nunes JLB. **Impacto da prática da atividade física e do consumo de dieta hiperlipídica em modelo experimental**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.
17. Cheik NC, et al. Efeito de diferentes frequências de exercício físico na prevenção da dislipidemia e da obesidade em ratos normo e hipercolesterolêmicos. **Rev Bras Educ Fís Esporte** 2006; 20 (2): 121-129.
18. Figueira TR, Lima MCS, Gurjão ALD, Ruas VDA, Leme JACA, Luciano E. Efeito do treinamento aeróbio sobre o conteúdo muscular de triglicérides e glicogênio em ratos. **Rev Bras Cienc Movim** 2007; 15(2): 55-61.
19. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: The “crossover” concept. **J Appl Physiol** 1994;76(6): 2253-2261.
20. Muller AP. **Efeito da dieta hiperlipídica e do exercício físico em camundongos: Parâmetros periféricos indicadores de resistência à insulina e sinalização hipocampal**. 2007. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas-Bioquímica), Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
21. Zderic TW, Davidson CJ, Schenk S, Byerley O, Coyle EF. High fat diet elevates resting intramuscular triglyceride concentration and whole

body lipolysis during exercise. **Am J Physiol Endocrinol Metab** 2004; 286: 217-225.

22. Lima-Silva AE, Adami F, Nakamura FY, Oliveira RF, Gevaerd MS. Metabolismo de gordura durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.** 2006; 8(4):106-114.

23. Turcotte LP, Fisher JS. Skeletal muscle insulin resistance: roles of fatty acid metabolism and exercise. **Phys Therapy** 2008; 88(11): 1279-1296.

24. Silveira LR, Alves AA, Denadai BS. Efeito da lipólise induzida pela cafeína na performance e no metabolismo de glicose durante o exercício intermitente. **Rev Bras Cienc Movim** 2004; 12(3): 21-26.